

## Beschreibung

Schaltungsanordnung und Verfahren zum Steuern eines induktiven Verbrauchers

5

Die Erfindung betrifft einen Schaltungsanordnung und ein Verfahren zum Steuern eines induktiven Verbrauchers, insbesondere eine Schutzschaltung, die das Einschalten eines Aktors im Fehlerfall verhindert.

10

Elektrische Verbraucher und Stellglieder werden durch elektronische Steuergeräte ein- und ausgeschaltet. In der Automobiltechnik werden elektrische Verbraucher, wie beispielsweise die Erregerspule eines Kraftstoffeinspritzventils oder eines Anlassermotors üblicherweise durch ein Schaltelement betätigt, das in Reihe mit dem Verbraucher geschaltet ist. Dieses Schaltelement ist häufig Teil eines Steuergerätes, das eingangsseitig mit den beiden Polen einer Versorgungsspannungsquelle verbunden ist. Häufig wird nur ein Potenzial der Versorgungsspannungsquelle über das Steuergerät dem Verbraucher zugeführt. Das zweite Potenzial wird in der Automobiltechnik üblicherweise über die Karosserie, die auf Massepotenzial liegt, dem Verbraucher zugeführt.

20

Bei einer Unterbrechung der Masseleitung, die vom negativen Anschluss der Versorgungsspannungsquelle zum Steuergerät führt, kann es bei bestimmten Verbrauchern nicht ausgeschlossen werden, dass der Verbraucher auch ungewollt mit Energie versorgt wird.

30

Speziell bei induktiven Verbrauchern, die die in ihnen gespeicherte Energie nach dem Abschalten über einen Freilaufkreis abbauen müssen, kann es bei einer Masseunterbrechung zu ungewollten Energieversorgung des Verbrauchers kommen.

35

Hierbei können zwei Fälle unterschieden werden, zum einen wird bei eingeschaltetem Schaltelement der Verbraucher auch

weiterhin durch einen vom positiven Potenzial der Versorgungsspannungsquelle über das Schaltelement und den Verbraucher zum externen Masseanschluss fließenden Strom mit Energie versorgt. Zum anderen wird bei ausgeschaltetem Schaltelement die interne Masse des Steuergeräts abhängig von der Beschaffenheit der Steuerelektronik und des elektrischen Verbrauchers in Richtung des positiven Potenzials der Versorgungsspannungsquelle "gezogen". Hierdurch kommt es zu einem Stromfluss vom Pluspol der Versorgungsspannungsquelle über den Freilaufkreis und den nach externer Masse. Problematisch hierbei ist die Gefahr, dass der elektrische Verbraucher aufgrund dieses Stromflusses ungewollt eingeschaltet werden kann. Für das Beispiel des Starterrelais kommt es in diesem Fall zu einem ungewollten Startvorgang, der aus sicherheitstechnischen Gründen unbedingt verhindert werden muss.

Eine bekannte Lösungsmöglichkeit dieses Problems ist es, einen solchen sicherheitskritischen Verbraucher mit einer zweiten Masseleitung zu versehen, so dass der Verbraucher direkt mit der Masse des Steuergeräts elektrisch verbunden ist. Dies erweist sich jedoch bei mehreren Verbrauchern als aufwendig und sehr kostenintensiv.

Bei einer bekannten Schaltungsanordnung (US 5,166,852 A) wird bei einem Masseverlust die Last ausgeschaltet. So wird jedoch der oben erläuterte zweite Fall, das Wiedereinschalten der Last, nicht verhindert.

Es ist Aufgabe der Erfindung, eine Schaltungsanordnung und ein Verfahren zum Steuern eines induktiven Verbrauchers zu schaffen, die auch im Fehlerfall ein Einschalten des induktiven Verbrauchers verhindert.

Die Aufgabe wird durch eine Schaltungsanordnung mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und durch ein Verfahren mit Merkmalen des Anspruchs 5 gelöst.

75 Die Schaltungsanordnung weist einen ersten und einen zweiten  
Eingang sowie einen Ausgang auf. Der erste Eingang ist mit  
einem ersten Potenzial einer Versorgungsspannungsquelle und  
der zweite Eingang mit einem zweiten Potenzial der Versor-  
gungsspannungsquelle elektrisch verbunden. Der Verbraucher  
80 ist einerseits mit dem Ausgang und andererseits mit dem zwei-  
ten Potenzial der Versorgungsspannungsquelle verbunden.

Im hier vorliegenden Fall besteht somit keine direkte Verbin-  
dung zwischen dem der Schaltungsanordnung zugeführten zweiten  
85 Potenzial und dem Verbraucher. Die Schaltungsanordnung weist  
weiter einen ersten durch ein Signal steuerbaren Schalter zum  
Ein- und Ausschalten des Verbrauchers auf, der einerseits mit  
dem ersten Eingang und andererseits mit dem Ausgang der  
Schaltungsanordnung verbunden ist. Bei eingeschaltetem Schal-  
90 ter fließt im Normalbetrieb ein Strom vom ersten Potenzial  
der Versorgungsspannungsquelle über den steuerbaren Schalter  
und den Verbraucher zum zweiten Potenzial der Versorgungs-  
spannungsquelle.

95 Weiter weist die Schaltungsanordnung einen Freilaufkreis auf,  
der einerseits mit dem zweiten Eingang und andererseits mit  
dem Ausgang der Schaltungsanordnung verbunden ist und einen  
zweiten Schalter aufweist. Wird der Verbraucher durch Aus-  
schalten des ersten Schalters abgeschaltet, so entlädt sich  
100 die im Verbraucher gespeicherte Energie über diesen Freilauf-  
kreis. Hierzu ist der zweite Schalter geschlossen.

Eine Überwachungseinheit überwacht ein Potenzial im Freilauf-  
kreis und öffnet oder schließt den zweiten Schalter in Abhän-  
105 gigkeit von diesem Potenzial. Der zweite Schalter wird hier-  
bei vorzugsweise so angesteuert, dass der Freilaufkreis wäh-  
rend der Ausschaltphase des Verbrauchers eingeschaltet ist  
und dann, wenn der Freilaufkreis nicht benötigt wird, ausge-  
schaltet ist.

Die Überwachungseinheit schaltet den zweiten Schalter beim Unterschreiten oder Überschreiten eines vorbestimmten Spannungsschwellwerts aus oder ein. Auf diese Weise wird erreicht, dass im Fehlerfall, d. h. bei einem Masseverlust der  
115 Schaltungsanordnung, der Verbraucher nicht versehentlich eingeschaltet wird.

Die Überwachungseinheit weist weiter ein Zeitverzögerungsglied auf, das nach Unter- oder Überschreiten des vorbestimmten Spannungsschwellwerts den zweiten Schalter nach einer  
120 vorbestimmten Zeitdauer ausschaltet. So wird sicher gestellt, dass die im induktiven Verbraucher gespeicherte Energie in dieser Zeitspanne über den Freilaufkreis entladen wird. Nach diesem Entladevorgang bleibt der Freilaufkreis vorzugsweise  
125 durch den geöffneten zweiten Schalter unterbrochen und ein Stromfluss über diesen Freilaufkreis zum Verbraucher hin wird verhindert.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unter-  
130 ansprüchen beschrieben.

Um im Fehlerfall ein Wiedereinschalten der Last durch Einschalten des ersten Schalters auszuschließen, weist die Schaltungsanordnung vorzugsweise eine Verknüpfungseinheit  
135 auf, die ein Einschalten des Verbrauchers nur dann ermöglicht, wenn ein unbeabsichtigtes Einschalten bei einem Fehlerfall ausgeschlossen ist. Vorzugsweise dann, wenn der erste Schalter zunächst ein Ausschalt- und anschließend ein Einschaltsignal erhalten hat und/ oder die Überwachungseinheit  
140 den zweiten Schalter eingeschaltet hat.

Die Erfindung wird im Folgenden anhand der Beschreibung und der Figuren eines bevorzugten Ausführungsbeispiels näher erläutert. Es zeigen:

145

Figur 1 ein Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Schaltungsanordnung,

Figur 2 ein Ablaufdiagramm, das die Schritte eines Ausführungsbeispiels des erfindungsgemäßen Verfahrens wiedergibt, und

Figur 3 ein Ausführungsbeispiel eines Zeitverzögerungsglieds und eines Verknüpfungseinheit.

Figur 1 zeigt ein Ausführungsbeispiel einer Schaltungsanordnung zum Steuern eines induktiven Verbrauchers 5. Der Verbraucher 5 wird hier ersatzweise als Serienschaltung einer Induktivität L und eines Widerstands R beschrieben.

Die Schaltungsanordnung weist einen ersten Eingang 1 und einen zweiten Eingang 2 auf, die jeweils mit einem Potenzial einer Versorgungsspannungsquelle, hier einem Akkumulator 6, elektrisch verbunden sind. Hier ist der erste Anschluss 1 mit dem positiven Pol + des Akkumulator 6 und der zweite Eingang 2 mit dem negativen Pol - des Akkumulator 6 elektrisch verbunden. Die im Steuergerät zwischen den Eingängen 1 und 2 angeordnete Elektronik wird hier als Ersatzwiderstand 7 wiedergegeben. Der Ersatzwiderstand 7 entspricht einer Parallelschaltung aller direkt oder indirekt vom Akkumulator 6 versorgten Bauelemente.

Die Schaltungsanordnung weist weiter einen ersten Schalter S1 auf, der einerseits mit dem ersten Eingang 1 und andererseits mit einem Ausgang 3 elektrisch verbunden ist. Der Verbraucher 5 ist einerseits mit dem Ausgang 3 und andererseits mit Masse GND<sub>2</sub> elektrisch verbunden.

Im hier dargestellten Ausführungsbeispiel existiert keine direkte Verbindung zwischen der internen Masse der Schaltungsanordnung GND<sub>1</sub> und der Masse GND<sub>2</sub> des Verbrauchers 5. Im Bereich der Automobiltechnik wird als Masseverbindung üblicherweise die Karosserie des Kraftfahrzeugs verwendet.

Um nach dem Abschalten des Verbrauchers (wird hier durch das Öffnen des Schalters S1 erreicht) die in der Induktivität L

185 gespeicherte Energie E abzubauen und somit ein Ausschalten  
des Verbrauchers 5 zu realisieren, ist zwischen dem zweiten  
Eingang 2 und dem Ausgang 3 ein Freilaufkreis FLK angeordnet.  
Dieser Freilaufkreis FLK weist hier eine Serienschaltung ei-  
nes zweiten Schalters S2 und einer Diode D<sub>F</sub> auf. Ist der  
190 zweite Schalter S2 geschlossen, so fließt nach dem Ausschalt-  
en des ersten Schalters S<sub>1</sub> für einen begrenzten Zeitraum  
t<sub>entlade</sub> ein Strom I vom Verbraucher 5 über die Diode D<sub>F</sub> und  
den Schalter S2.

195 Der Entladezeitraum t<sub>entlade</sub> ist abhängig von der in der Induk-  
tivität L des Verbrauchers 5 gespeicherten Energie E:

$$E = \frac{1}{2} L \cdot I^2$$

Beim Laden der Induktivität L nimmt die Stromstärke I zu-  
200 nächst linear zu und nähert sich dem konstanten Endwert I<sub>0</sub>  
an:

$$I_0 = \frac{U_A}{R}$$

ein.

205 Die Entladezeit t<sub>entlade</sub> der Spule L lässt sich aus der Glei-  
chung

$$I = I_0 \cdot e^{-\frac{R}{L} t}$$

ableiten.

210 Der hier als sogenannter "Highside"-Schalter ausgeführte ers-  
te Schalter S1 kann auch als "Lowside"-Schalter ausgeführt  
sein. Als Folge dessen ändern sich lediglich die Verbindung  
der Anschlüsse 1 und 2 mit den Polen des Akkumulators 6 und  
die Durchflussrichtung der Freilaufdiode D<sub>F</sub>. Der Verbraucher  
215 5 wäre dann mit ihrem dem Ausgang 3 abgewandten Anschluss mit  
dem positiven Potenzial + des Akkumulators 6 elektrisch ver-  
bunden.

Der erste Schalter S1 und der zweite Schalter S2 sind als  
220 steuerbare elektrische Schalter, beispielsweise als  
Leistungs-MOS Feldeffekttransistoren (MOSFETS) oder als Insu-  
lated-Gate-Bipolar-Transistoren (IGBT's) ausgebildet. Die  
Steueranschlüsse dieser Schalter S1, S2 werden von einer  
Steuerschaltung 8 angesteuert. Dabei ist der erste Schalter  
225 S1 über eine erste Steuerleitung UST1 und der zweite Schalter  
S2 über eine zweite Steuerleitung UST2 mit der Steuerschal-  
tung 8 elektrisch verbunden.

Die Steuerschaltung 8 weist eine Verknüpfungseinheit 9, einen  
230 Mikrocontroller 10, eine Versorgungsspannungsüberwachung 11  
und ein Zeitverzögerungsglied 12 auf. Die Versorgungsspan-  
nungsüberwachung 11 weist zwei Eingänge auf, einen ersten  
Eingang UE, der mit dem ersten Eingang 1 der Schaltungsanord-  
nung elektrisch verbunden ist, und einen zweiten Eingang UA,  
235 der mit dem Ausgang 3 der Schaltungsanordnung elektrisch ver-  
bunden ist.

Die Versorgungsspannungsüberwachung 11 weist weiter zwei Aus-  
gänge auf. Einer dieser Ausgänge  $U_{E, \text{Reset}}$  ist mit der Ver-  
240 knüpfungseinheit 9 elektrisch verbunden und der zweite  $U_{A, \text{signal}}$   
ist mit Zeitverzögerungsglied 12 elektrisch verbunden.  
Der Mikrocontroller 10 weist zumindest einen Ausgang ENA auf,  
der mit der Verknüpfungseinheit 9 verbunden ist. Die Verknüp-  
fungseinheit 9 ist weiter mit der Steuerleitung UST1 der  
245 Steuerschaltung 8 verbunden. Das Zeitverzögerungsglied 12 ist  
mit der zweiten Steuerleitung UST2 der Steuerschaltung 8 ver-  
bunden.

Solange kein Fehlerfall vorliegt und der erste Schalter S1  
250 eingeschaltet ist, fällt über den Verbraucher 5 eine Spannung  
 $U_A$  ab, die in etwa der Eingangsspannung  $U_E$  entspricht.

Figur 2 zeigt ein Ablaufdiagramm, anhand dessen die zum Be-  
trieb des Verbrauchers 5 erforderlichen Verfahrensschritte  
255 näher erläutert werden.

Der Beginn des Ablaufs ist mit "Start" gekennzeichnet. Hier wird zunächst abgefragt, ob der erste Schalter S1 eingeschaltet ist (Schritt 101). Anhand dieser Unterscheidung können zwei mögliche Fehlerfälle, nämlich der Masseverlust bei eingeschaltetem Verbraucher 5 und der Masseverlust der Schaltungsanordnung bei ausgeschaltetem Verbraucher 5 unterschieden werden.

Im ersten Fall bei eingeschaltetem ersten Schalter S1 wird im Schritt 102 überprüft, ob vom Mikroprozessor 10 ein Ausschaltsignal vorliegt. In diesem Fall wäre das Einschaltsignal ENA vom Zustand "0" auf den Zustand "1" gesetzt worden und in Folge dessen wird dann der erste Schalter S1 ausgeschaltet (ENA="1" entspricht hier einem Low-Pegel). Falls es die Sicherheitsanforderungen an den Verbraucher 5 erforderlich machen, wird nach einer vorgegebenen Zeitdauer  $\Delta t$ , während der die in der Induktivität L gespeicherte Energie über den Freilaufkreis FLK im Wesentlichen abgebaut wird, auch der zweite Schalter S2 ausgeschaltet. Somit wäre auch im Falle des dann ausgeschalteten Verbrauchers 5 ein versehentliches Einschalten des Verbrauchers 5 bei einer Unterbrechung der Verbindungsleitung zwischen dem negativen Anschluss - des Akkumulators 6 und dem Eingang 2 ausgeschlossen (Schritt 104'). Nach Schritt 104' wird zum Ende des Ablaufdiagramms verzweigt.

Die vorgegebene Zeitdauer  $\Delta t$  wird hier so gewählt, dass nach Ablauf dieser Zeitdauer  $\Delta t$  die Induktivität L weitestgehend entladen ist.

Die Zeitdauer  $\Delta t$  kann im folgenden Bereich gewählt werden:

$$5 \tau \leq \Delta t \leq 10 \tau \text{ mit } \tau = L/R.$$

Wird die Zeitdauer  $\Delta t$  zu groß gewählt, so wäre in einem Fehlerfall bereits während dieser Zeitdauer ein Wiedereinschalten möglich. Die Zeitdauer  $\Delta t$  muss von daher so dimensioniert werden.



niert werden, wie für den Energieabbau im Verbraucher 5 nötig.

295

Liegt in Schritt 102 weiterhin ein Einschaltsignal ENA des Mikrocontrollers 10 vor, so wird zum Schritt 103 verzweigt und dort eine Überprüfung der Ausgangsspannung  $U_A$  vorgenommen. Im normalen Betriebsfall entspricht die Ausgangsspannung  $U_A$  in etwa der Eingangsspannung  $U_E$ .

300

Bei ausgeschaltetem ersten Schalter S1 und/ oder im Falle eines Masseverlusts, d. h. hier einer Leitungsunterbrechung zwischen dem negativen Pol - des Akkumulators 6 und dem zweiten Eingang 2, entspricht die Ausgangsspannung  $U_A$  in etwa der Durchlassspannung der Freilaufdiode  $D_F$ . Diese Durchlassspannung ist vom Typ der Freilaufdiode  $D_F$  abhängig und beträgt im hier beschriebenen Ausführungsbeispiel in etwa - 0,7 Volt. Abhängig von dieser Durchlassspannung der Diode D wird ein Spannungsschwellwert  $U_{A, MIN}$  definiert, unterhalb dessen ein Strom im Freilaufkreis FLK fließt.

305

310

Liegt die Ausgangsspannung  $U_A$  oberhalb dieses vorbestimmten Schwellwertes  $U_{A, MIN}$  so kann ein Fehlerfall ausgeschlossen werden und es wird zum Ende des Ablaufsdiagramms verzweigt.

315

Liegt die Ausgangsspannung  $U_A$  jedoch unterhalb des vorbestimmten Schwellwerts  $U_{A, MIN}$ , so ist bei eingeschaltetem ersten Schalter S1 von einer "abgetrennten" Masseverbindung der Schaltungsanordnung auszugehen und es wird nach Schritt 104 verzweigt. Dort wird zunächst der erste Schalter S1 geöffnet, dann nach der vorbestimmten Zeitdauer  $\Delta t$ , die wie bereits beschrieben von der Entladezeit  $t_{entlade}$  der Induktivität L abhängt, der zweite Schalter S2 geöffnet und somit ein Stromfluss vom Akkumulator 6 über den Eingang 1, den Ersatzwiderstand 7, den zweiten Schalter S2, die Diode D und den Verbraucher 5 unterbrochen. Nach dem Ausschalten des zweiten Schalters S2 ist somit ein unbeabsichtigtes Einschalten des

320

325

Verbrauchers 5 ausgeschlossen und es wird zum Ende des Ablaufdiagramms verzweigt.

Alternativ kann hier zusätzlich ein Fehlerflag gesetzt werden, über das die Unterbrechung der Masseleitung an ein Steuergerät gemeldet wird.

335

Ist im Schritt 101 der erste Schalter S1 nicht eingeschaltet, so wird nach Schritt 202 verzweigt, in dem überprüft wird ob der zweite Schalter S2 geschlossen ist. Ist der Schalter S2 geschlossen, so wird in Schritt 203 wieder geprüft, ob die Ausgangsspannung  $U_A$  unterhalb des vorbestimmten Schwellwerts  $U_{A, MIN}$  liegt. Ist dies der Fall, so wird nach Schritt 204 verzweigt und der Schalter S2 geöffnet und im Anschluss daran zum Ende des Ablaufdiagramms verzweigt. Ist dies nicht der Fall oder ist die Ausgangsspannung  $U_A$  gleich Null, so wird direkt zum Ende des Ablaufdiagramms verzweigt. Alternativ kann der zweite Schalter S2 auch erst nach der vorbestimmten Zeitdauer  $\Delta t$  geöffnet werden.

Ist der Schalter S2 im Schritt 202 geöffnet ( $S2=0$ ), so wird nach Schritt 203' verzweigt, wo auf ein Wiedereinschaltsignal des Mikrocontrollers 10 gewartet wird. Dieses Wiedereinschaltsignal kann beispielsweise ein Zustandswechsel des Einschaltsignal ENA vom Zustand 0 in den Zustand 1 sein. Auf diese Weise wird verhindert, dass nach einem Masseverlust der Verbraucher unbeabsichtigt wieder eingeschaltet wird.

Das Durchführen des hier beschriebenen Verfahrens kann beispielsweise in Abhängigkeit von einem Betriebszustand des Verbrauchers 5 oder des Mikrocontrollers 10 oder auch durch ein externes Steuersignal gestartet werden.

Figur 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel des Zeitverzögerungsglieds 12 und der Verknüpfungseinheit 9.

365 Wird der Schalter S1 eingeschaltet, so liegt am Verbraucher 5  
eine Spannung  $U_A$  an, die in etwa der Eingangsspannung  $U_E$  ent-  
spricht. Das Zeitverzögerungsglied 12 weist einen vom Schalt-  
element S1 unabhängigen Stromversorgungseingang 1' auf, der  
zur Spannungsversorgung der Schaltungsanordnung dient. Zwi-  
370 schen dem Ausgang 3 und diesem Eingang 1' ist eine Reihen-  
schaltung aus einem ersten Widerstand R1, einer in Sperrrich-  
tung geschalteten Diode D1, einem zweiten Widerstand R2 und  
einem dritten Widerstand R3 angeordnet. Der Schalter S2 ist  
hier als n-Kanal-MOSFET ausgeführt, wobei sein Drainanschluss  
375 mit dem zweiten Eingang 2 und sein Sourceanschluss über die  
in Flussrichtung geschaltete Freilaufdiode D<sub>F</sub> mit dem Ausgang  
3 verbunden ist. Der Gateanschluss ist mit dem Mittelabgriff  
einer Serienschaltung, bestehend aus einem vierten Widerstand  
R4 und einem ersten Kondensators C1, verbunden, wobei der  
380 zweite Anschluss des vierten Widerstands R4 mit dem Mittelab-  
griff zwischen dem zweiten Widerstand R2 und dem dritten Wi-  
derstand R3 verbunden ist. Der zweite Anschluss des Kondensa-  
tors C1 ist mit dem Sourceanschluss des Schalters S2 verbun-  
den.

385 Ebenfalls mit dem Gateanschluss des Schalters S2 ist der Mit-  
telabgriff zwischen einer zweiten Diode D2 und einem fünften  
Widerstand R5 verbunden, wobei die zweite Diode D2 parallel  
zum vierten Widerstand R4 mit ihrer Durchflussrichtung in  
390 Richtung des Gateanschlusses des Schalters S2 und der fünfte  
Widerstand R5 parallel zum ersten Kondensator C1 angeordnet  
ist.

Parallel zum zweiten Widerstand R2 ist die Basis-Emitter-  
395 Strecke eines Transistors T1 angeordnet. Im hier dargestell-  
ten Ausführungsbeispiel handelt es sich beim Transistor T1 um  
einen pnp-Transistor. Der Basisanschluss des Transistors T1  
ist mit dem Abgriff zwischen dem zweitem Widerstand R2 und  
der Diode D1 verbunden. Der Emitteranschluss ist mit dem Ab-  
100 griff zwischen zweitem und dritten Widerstand R2 und R3 ver-  
bunden. Der Kollektoranschluss des Transistors T1 ist mit dem

Ausgang 3 abgewandtem Anschluss der Freilaufdiode  $D_F$  verbunden.

405 Bei eingeschaltetem Schalter S1 sperrt der Transistor T1 und  
der Kondensator C1 wird über den dritten Widerstand R3 und  
die zweite Diode D2 auf die am Eingang 1' anliegende Versor-  
gungsspannung VCC aufgeladen. Infolge dessen wird der Schal-  
ter S2 eingeschaltet und damit der Freilaufkreis FLK akti-  
410 viert. Die Schaltungsanordnung wird so dimensioniert, dass  
der Schalter S2 eingeschaltet ist, bevor in der Induktivität  
L des Verbrauchers 5 eine größere Energiemenge gespeichert  
wurde.

415 Wird nun der Schalter S1 ausgeschaltet, so fließt aufgrund  
der in der Induktivität L des Verbrauchers 5 gespeicherten  
Energie ein Strom durch den aus Schalter S2 und Freilaufdiode  
 $D_F$  gebildeten Freilaufkreis FLK. Über dem Verbraucher 5 fällt  
nun eine Ausgangsspannung  $U_A$  von ca. 0,7 Volt ab. Dies ent-  
420 spricht der Durchlassspannung der Freilaufdiode  $D_F$ . Aufgrund  
dieser Spannung wird der Transistor T1 eingeschaltet und der  
Kondensator C1 entlädt sich über den Widerstand R4. Ist der  
Kondensator C1 entladen, so wird der Transistor T2 abgeschal-  
tet. Die Zeitspanne  $\Delta t$  zwischen dem Abschalten des Schalters  
425 S1 und dem Abschalten des Schalters S2 wird so gewählt, dass  
zum Abschaltzeitpunkt des Schalters S2 die in der Induktivi-  
tät L gespeicherte Energie weitestgehend abgebaut ist.

Bei geöffnetem Schalter S1 und geöffnetem Schalter S2 wird  
130 nun die Verbindung zwischen dem negativen Pol - des Akkumula-  
tors und dem zweiten Eingang 2 unterbrochen, so kann kein  
Strom über den Freilaufkreis FLK zum Verbraucher 5 fließen.

Die Verknüpfungseinheit 9 ist für die folgenden Eingangsgrö-  
135 ßen ausgelegt: ein Einschaltsignal des Mikrocontrollers 10  
(ENA = 0) entspricht einem Low-Pegel am Eingang ENA; ein Aus-  
schaltsignal (ENA = 1) entspricht einem High-Pegel am Eingang  
ENA. Die Versorgungsspannungsüberwachung 11 liefert am Ein-

gang  $U_{E, \text{Reset}}$  ein Signal mit einem High-Pegel, solange die  
440 Versorgungsspannung VCC in ausreichender Höhe vorhanden ist.  
Ein Low-Pegel am Eingang  $U_{E, \text{Reset}}$  steht für eine Versorgungs-  
spannung VCC, die unterhalb einem vorgegebenen Spannungs-  
schwellwert liegt.

445 Das vom Mikrocontroller 10 kommende Signal ENA wird in einem  
ersten Invertierer 13 invertiert und einem UND-Gatter 14 zu-  
geführt. Der zweite Eingang des UND-Gatters 14 ist mit dem  
Ausgang  $U_{E, \text{Reset}}$  der Versorgungsspannungsüberwachung 11 ver-  
bunden. Der Ausgang des UND-Gatters 14 weist solange einen  
450 High-Level auf, solange beide Eingangssignale, d.h. das in-  
vertierte Eingangssignal ENA und das Signal der Versorgungs-  
spannungsüberwachung  $U_{E, \text{Reset}}$ , einen High-Pegel aufweisen.

Die Spannungspegel an den Ausgängen sind wie folgt den Pegeln  
455 "Low" und "High" zugeordnet:

Low-Pegel entspricht:  $0 \text{ V} < U < 0,4 \text{ V}$

High-Pegel entspricht:  $3,7 \text{ V} < U < 4,5 \text{ V}$

(HCMOS-Baustein 74HC mit einer Versorgungsspannung von

160 VCC=4,5 V)

Das Ausgangssignal des UND-Gatters 14 wird dem Set-Eingang S  
eines D-Flip-Flops 15 zugeführt. Das Ausgangssignal des ers-  
ten Inverters 13 wird über einen Tiefpass, bestehend aus ei-  
nem Widerstand R6 und einem Kondensator C2 und zwei weiteren  
165 Invertern 16 und 17 dem Clock-Eingang CLK des D-Flip-Flops 15  
zugeführt. Der invertierte Ausgang  $\bar{Q}$  ist auf den D-Eingang D  
des D-Flip-Flops 15 rückgekoppelt. Der Ausgang Q des D-Flip-  
Flops 15 ist hier mit der Steuerleitung  $U_{ST1}$  verbunden. Liegt  
170 nun aufgrund einer Unterspannung ein Low-Pegel am Eingang  $U_{E, \text{Reset}}$   
an und ist gleichzeitig eine Einschaltanforderung des  
Mikrocontrollers 10 gesetzt (Low-Pegel am Eingang ENA) so  
liegt am Set-Eingang S des D-Flip-Flops 15 ein Low-Pegel an.  
Dies hat zur Folge, dass am Ausgang Q des D-Flip-Flops 15 ein

475 High-Pegel anliegt und der erste Schalter S1 somit ausgeschaltet wird.

In dem Fall, dass der Mikrocontroller 10 einen Abschaltbefehl gibt (High-Pegel am Eingang ENA), so wird der Schalter S1 ebenfalls über dem Set-Eingang S ausgeschaltet. Ein High-Pegel am Eingang ENA hat einen Low-Pegel am Eingang des AND-Gatters 14 zur Folge. D.h. es liegt am Ausgang des AND-gatters unabhängig vom Signal  $U_{E, \text{Reset}}$  ein Low-Pegel an. Dies hat einen High-Pegel am Ausgang Q des D-Flip-Flops 15 zur Folge, wodurch der Schalter S1 ausgeschaltet bleibt. Das Einschalten des ersten Schalters S1 erfolgt bei einer negativen Flanke am Eingang ENA, d. h. bei einem Wechsel von einem High- zu einem Low-Pegel oder bei einer positiven Flanke am Clock-Eingang Clk des D-Flip-Flops. Durch das Tiefpassfilter R6, C2 wird eine Zeitverzögerung des Signals erreicht, die durch geeignete Wahl des sechsten Widerstands R6 und des Kondensators C2 so eingestellt ist, dass der High-Pegel am Set-Eingang S des D-Flip-Flops 15 auf jeden Fall anliegt, bevor die positive Flanke des Signals am Clock-Eingang CLK des D-Flip-Flops 15 eintrifft.

Zwischen dem Widerstand R6 und dem Clock-Eingang CLK des D-Flip-Flops 15 sind zwei Inverter 16, 17 als Schmitttrigger-Inverter geschaltet, durch den die Flankensteilheit am Clock-Eingang CLK verbessert wird. Alternativ kann anstelle der beiden Inverter auch ein nichtinvertierender Schmitt-Trigger-Gatter angeordnet sein.

Im Fehlerfall, wenn der Masseanschluss am Steuergerät unterbrochen ist und währenddessen am Ausgang des Mikrocontrollers 10 ein Einschaltsignal ENA (Low-Pegel) anliegt, so wird über den Set-Eingang S des D-Flip-Flops 15 der erste Schalter S1 wie bereits beschrieben abgeschaltet. Nach dem Abschalten des Verbrauchers 5 steigt jedoch - wie ebenfalls bereits beschrieben - die Versorgungsspannung VCC wieder an. Um nun zu verhindern, dass - nachdem die Versorgungsspannungsüberwa-

chung 11 wieder durch einen High-Pegel anzeigt, dass eine ausreichende Versorgungsspannung VCC vorhanden ist und somit der Verbraucher 5 wieder eingeschaltet würde- ein Wiedereinschalten durch den Mikrocontroller erst möglich ist, wenn der Mikrocontroller 10 am Ausgang ENA ein Abschaltsignal (High-Pegel) und Anschluss daran ein Einschaltsignal (Low-Pegel) bereitstellt.

## Patentansprüche

520

1. Schaltungsanordnung zum Steuern eines induktiven Verbrauchers, insbesondere Schutzschaltung zum sicheren Betrieb eines induktiven Verbrauchers, die aufweist:

525 - einen ersten und einen zweiten Eingang (1, 2), wobei der erste Eingang (1) mit einem ersten Potenzial (+) einer Versorgungsspannungsquelle (6) und der zweite Eingang (2) mit einem zweiten Potenzial (-) der Versorgungsspannungsquelle (6) verbunden ist,

530 - einen Ausgang (3), an den der Verbraucher (5) angeschlossen ist, wobei der Verbraucher (5) einerseits mit dem Ausgang (3) und andererseits mit dem zweiten Potenzial (-) der Versorgungsspannungsquelle (6) verbunden ist,

535 - einen ersten durch ein erstes Steuersignal (UST1) steuerbaren Schalter (S1) zum Ein- und Ausschalten des Verbrauchers (5), der einerseits mit dem ersten Eingang (1) und andererseits mit dem Ausgang (3) verbunden ist,

- einen Freilaufkreis (FLK), der einerseits mit dem zweiten Eingang (2) und andererseits mit dem Ausgang (3) verbunden ist und einen zweiten Schalter (S2) aufweist,  
540 - eine Überwachungseinheit (8, 11), die ein Potenzial (UA) im Freilaufkreis (FLK) überwacht und den zweiten Schalter (S2) in Abhängigkeit von diesem Potenzial (UA) über ein zweites Steuersignal (UST2) ein- und/ oder ausschaltet, dadurch gekennzeichnet, dass

545 die Überwachungseinheit (8) ein Zeitverzögerungsglied (12) aufweist, das nach Unter- oder Überschreiten des vorbestimmten Spannungsschwellwerts ( $U_A, M_{1n}$ ) den zweiten Schalter (S2) nach einer vorbestimmten Zeitdauer ( $\Delta t$ ) ausschaltet, so dass nach der vorbestimmten Zeitdauer ( $\Delta t$ ) die in dem Verbraucher (5) gespeicherte Energie über den Freilaufkreis abgebaut ist.  
550



- 555 2. Schaltungsanordnung nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, dass die Überwachungseinheit (8) eine Verknüp-  
fungseinheit (9) mit zwei Eingängen (ENA; UE, Reset) und  
einem Ausgang (UST1) aufweist, wobei das erste Steuer-  
signal (UST1) vom Pegel und dem zeitlichen Verlauf der  
560 Signale an den Eingängen (ENA; UE, Reset) abhängig ist.
3. Verfahren zum Steuern eines elektrischen Verbrauchers,  
dass die folgenden Schritte aufweist:
- 565 - Überprüfen eines Schaltzustands eines ersten Schalters  
(S1),  
- Vergleichen einer ersten Spannung (UA) mit einem vorbe-  
stimmten Spannungsschwellwert ( $U_A, M_{in}$ ), wobei abhängig  
von diesem Vergleich und dem Schaltzustand des ersten  
570 Schalters (S1) ein Fehlerfall festgestellt wird,  
- Schalten eines zweiten Schalters (S2) in Abhängigkeit  
von diesem Vergleich und/ oder dem Schaltzustand des  
ersten Schalters (S1), dadurch gekennzeichnet, dass  
das Schalten des zweiten Schalters (S2) um eine vorbe-  
575 stimmte Zeitdauer ( $\Delta t$ ) verzögert wird, so dass nach der  
vorbestimmten Zeitdauer ( $\Delta t$ ) die in dem Verbraucher (5)  
gespeicherte Energie über den Freilaufkreis abgebaut  
ist.
- 580 4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass  
der ersten Schalters (S1) einem Fehlerfall durch ein  
Wiedereinschaltsignal eingeschaltet wird.

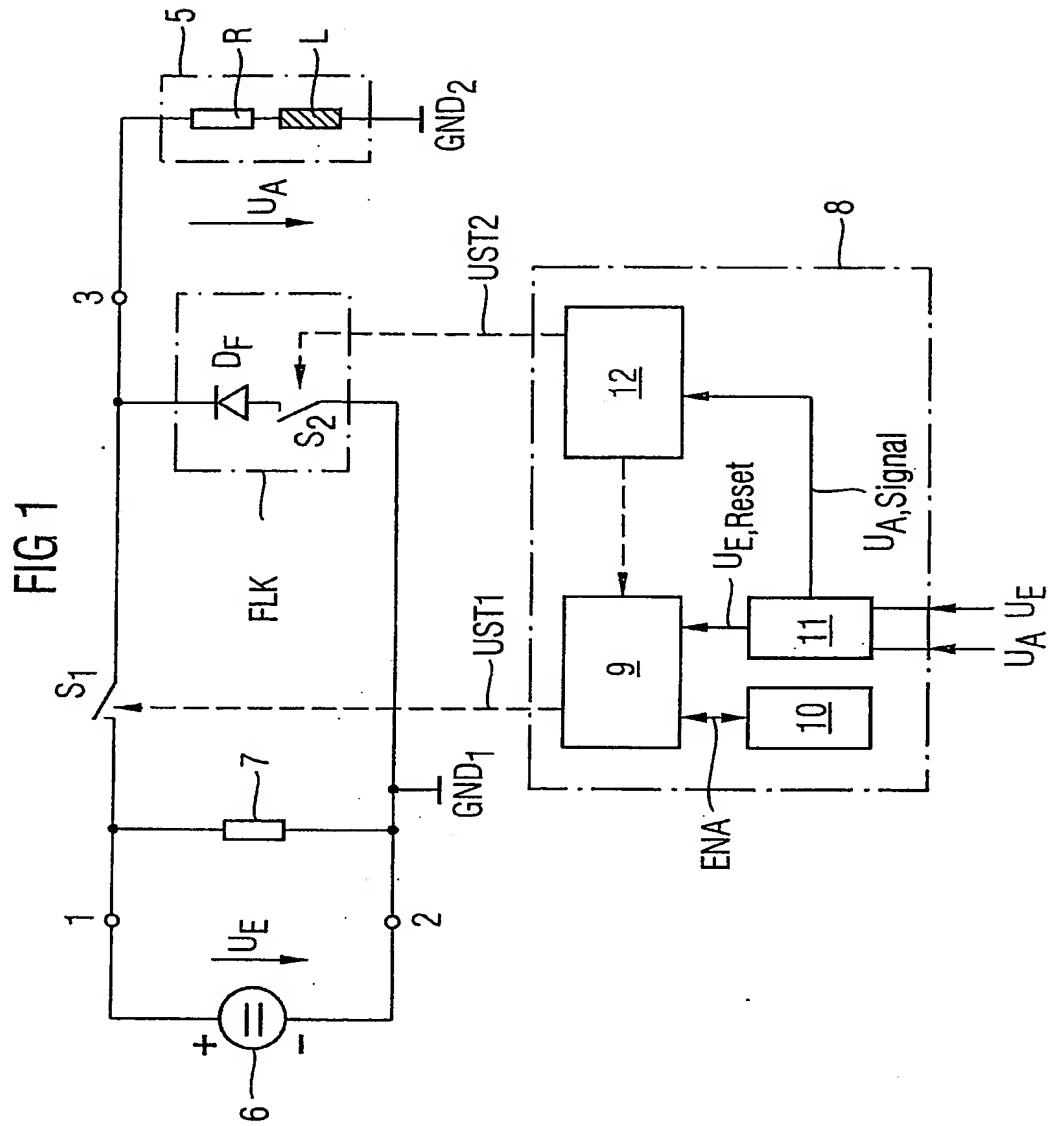
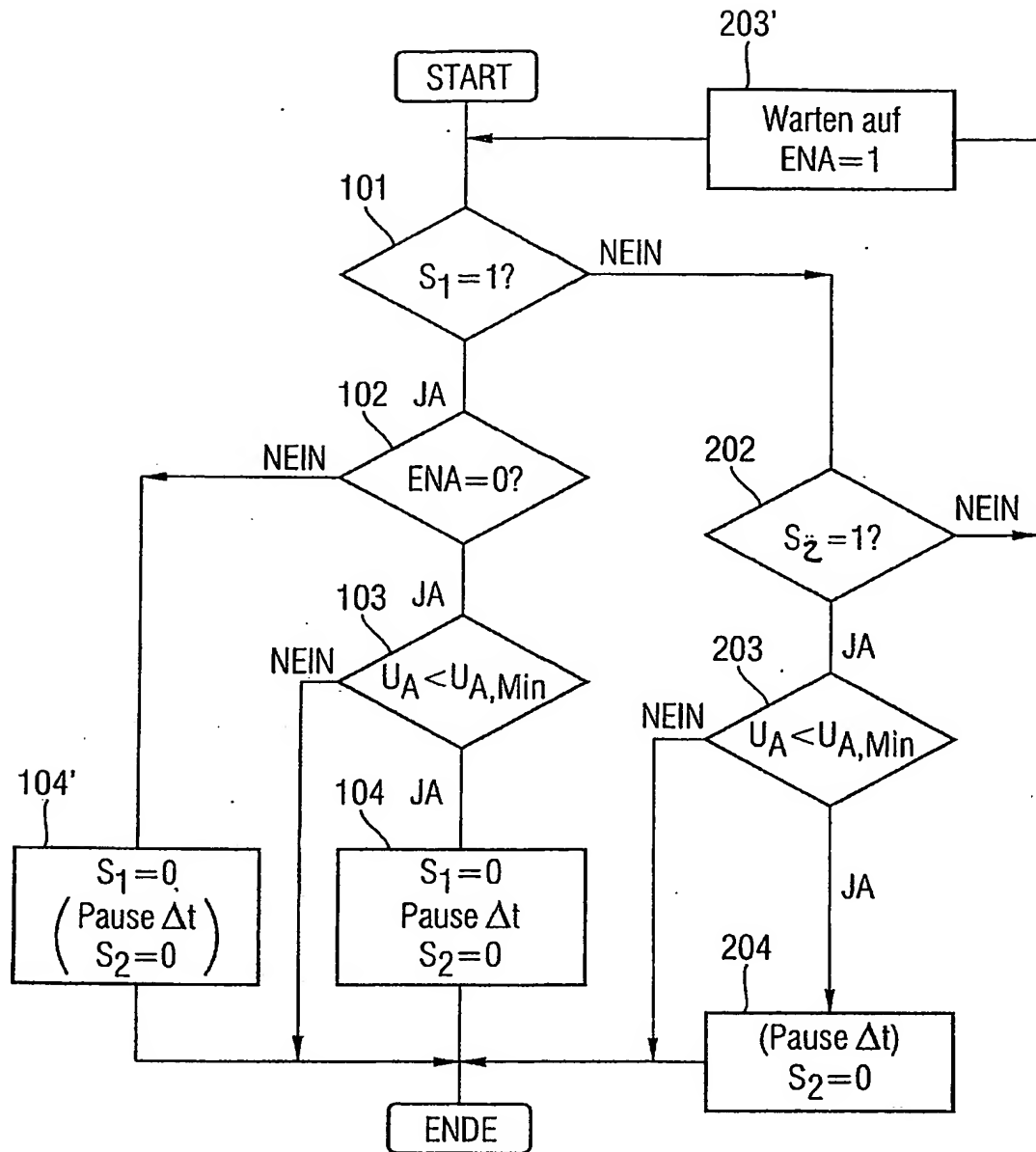
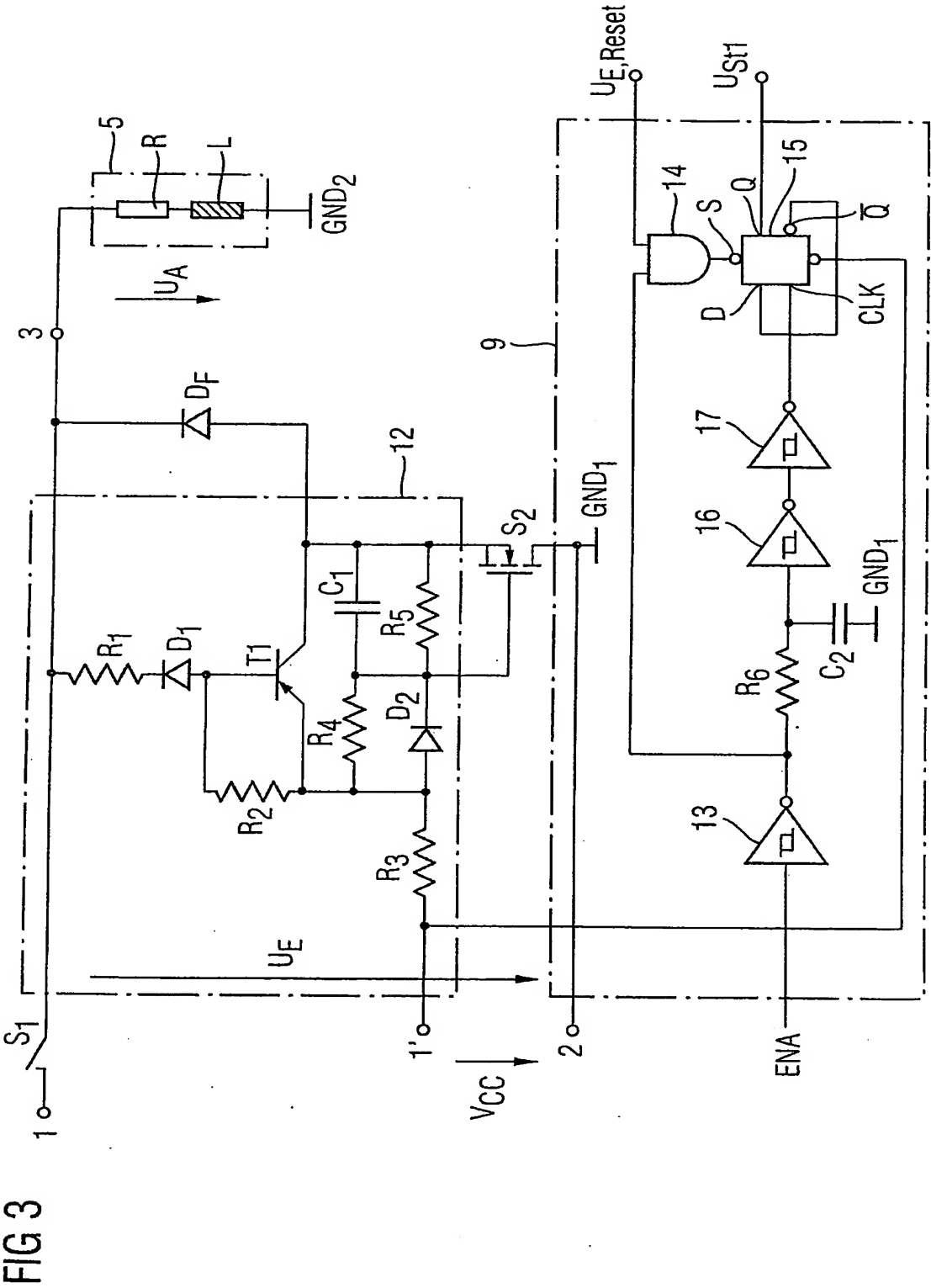


FIG 2





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No  
**PCT/EP2004/053147**

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
IPC 7 H02H5/10 H02H11/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H02H

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the International search (name of data base and, where practical, search terms used)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 166 852 A (SANO) 24 November 1992 (1992-11-24) cited in the application column 1, line 1 - column 6, line 55; figures 1-5	1,3

☐ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

\* Special categories of cited documents :

- "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- "E" earlier document but published on or after the International filing date
- "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- "P" document published prior to the International filing date but later than the priority date claimed

- "T" later document published after the International filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

**9 March 2005**

Date of mailing of the International search report

**21/03/2005**

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

**Calarasanu, P**

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International Application No

PCT/EP2004/053147

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 5166852	A	24-11-1992	JP 2504586 B2	05-06-1996
			JP 3145919 A	21-06-1991
			DE 69020684 D1	10-08-1995
			DE 69020684 T2	25-01-1996
			EP 0426103 A2	08-05-1991
			KR 9303176 B1	23-04-1993

# INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT

Internationaler Aktenzeichen

PCT/EP2004/053147

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES  
IPK 7 H02H5/10 H02H11/00

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

## B. RESEARCHIERTE GEBIETE

Researchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)

IPK 7 H02H

Researchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die researchierten Gebiete fallen

Während der Internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 166 852 A (SANO) 24. November 1992 (1992-11-24) in der Anmeldung erwähnt Spalte 1, Zeile 1 - Spalte 6, Zeile 55; Abbildungen 1-5 -----	1,3



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

\* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"Z" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der Internationalen Recherche

9. März 2005

Absendedatum des Internationalen Recherchenberichts

21/03/2005

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 6818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3018

Bevollmächtigter Bediensteter

Calarasanu, P

**INTERNATIONALER RESEARCHENBERICHT**

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

**PCT/EP2004/053147**

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 5166852	A	24-11-1992	JP 2504586 B2 05-06-1996
		JP 3145919 A 21-06-1991	
		DE 69020684 D1 10-08-1995	
		DE 69020684 T2 25-01-1996	
		EP 0426103 A2 08-05-1991	
		KR 9303176 B1 23-04-1993	